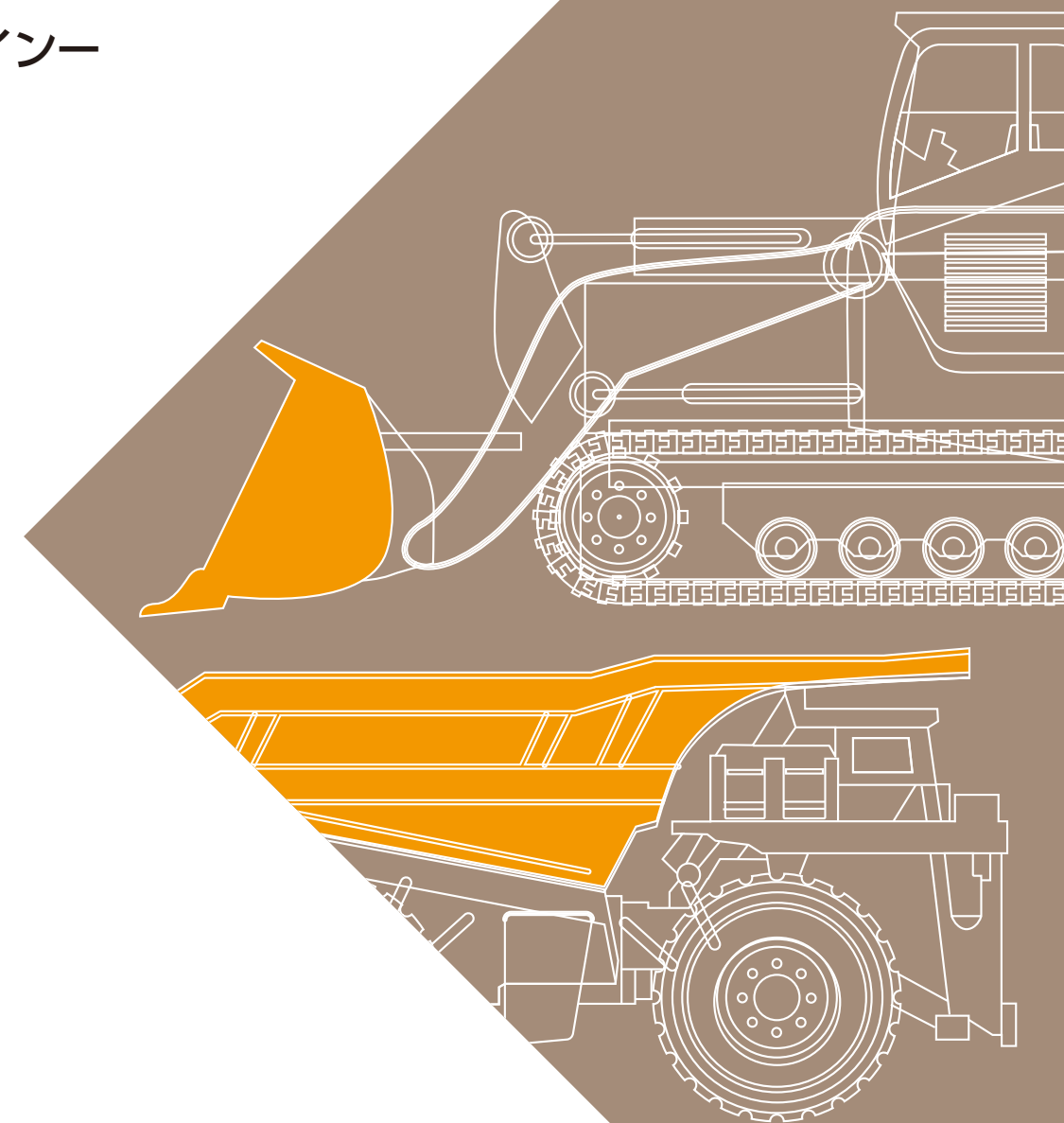


ABREX[®] (アブレックス)

耐摩耗鋼板
ー溶接ガイドラインー



はじめに

日本製鉄の耐摩耗鋼「ABREX[®] シリーズ」は、
建設機械をはじめ各種産業機械の耐摩耗部材用として、
広くみなさまからご愛顧いただいております。

ABREX は溶接性にも配慮した優れた耐摩耗鋼ですが、
高硬度な鋼材であるため、その性能を正しく理解していただいて、
使用いただくことが重要です。
溶接に関しては、不適切な溶接をしますと低温割れなどが発生する懸念があります。
本ガイドラインを参考に、より適切に、効率的に ABREX をご使用いただければ幸甚です。

なお、本冊子は、お客様の作業等のご参考のため、
当社のこれまでの知見をもとに一般的な溶接方法等を記載したものです。
したがって、当社は、本冊子の内容について個々のケースにおける適合性を保証するものではなく、
お客様の作業等に関して生じる問題については責任を負いかねます。
本冊子をお使いになられる際には、お客様の責任のもと、作業等を実施されますようお願いいたします。

目 次

1. 溶接材料の選定	2
2. 予熱およびパス間温度	
1) 鋼材の低温割れ感受性の指標	4
2) 必要予熱温度の目安	4
3) パス間温度	6
4) 予熱方法	6
3. 直後熱	7
4. 溶接施工にあたっての留意点	
1) 溶接材料取り扱いの留意点	7
2) MAG(MIG)溶接での欠陥防止の注意点	8
3) 母材特性の観点からの推奨最大入熱	8
4) 補修溶接時の留意点	9
5) 仮付け溶接時の留意点	9
6) 異なる鋼種、異なる板厚の溶接	10
7) その他	11
5. 低温割れについて	12

ご注意とお願い

本資料に記載された技術情報は、製品の代表的な特性や性能を説明するものであり、「規格」の規定事項として明記したもの以外は、保証を意味するものではありません。本資料に記載されている情報の誤った使用または不適切な使用等によって生じた損害につきましては責任を負いかねますので、ご了承ください。
また、これらの情報は、今後予告なしに変更される場合がありますので、最新の情報については、担当部署にお問い合わせください。
本資料に記載された内容の無断転載や複写はご遠慮ください。
本資料に記載された製品または役務の名称は、当社および当社の関連会社の商標または登録商標、或いは、当社および当社の関連会社が使用を許諾された第三者の商標または登録商標です。
その他の製品または役務の名称は、それぞれ保有者の商標または登録商標です。

1. 溶接材料の選定

表1 一般溶接材料

1) 溶接部の耐摩耗性を考慮しない場合の溶接材料（溶接金属硬さ HBW180 クラス）

鋼種	溶接法	溶接材料			
		銘柄	規格	シールドガス	溶接姿勢
ABREX 400 ABREX 400LT ABREX 450 ABREX 450LT ABREX 500	SMAW	L-55	JIS Z3211 E4916U AWS A5.1 E7016該当	－	全姿勢
	GMAW	YM-26	JIS Z3312 YGW11 AWS A5.18 ER70S-G該当	CO ₂	下向、水平すみ肉、 横向
		YM-28S	JIS Z3312 YGW15 AWS A5.18 ER70S-G該当	Ar+CO ₂	全姿勢
		SF-1	JIS Z3313 T49J0T1-1CA-UH5 AWS A5.36 E71T1-C1A0-CS1該当	CO ₂	全姿勢

2) 溶接部の耐摩耗性を考慮する場合の溶接材料（溶接金属硬さ HBW240、300 クラス）

鋼種	溶接法	溶接材料					
		銘柄	規格	シールド ガス	必要予熱 温度(℃)	パス間 温度(℃)	溶接姿勢
ABREX 400 ABREX 400LT	SMAW	L-80	JIS Z3211 E7816-N5CM3U AWS A5.5 E11016-G該当	－	≧100	100～ 150	全姿勢
	GMAW	YM-80C	JIS Z3312 G78A2UCN5M3T AWS A5.28 ER110S-G該当	CO ₂	≧100	100～ 150	下向、 水平すみ肉
		YM-80A	AWS A5.28 ER110S-G該当	Ar+CO ₂	≧100	100～ 150	下向、 水平すみ肉
		YM-100A	－	Ar+CO ₂	≧100	100～ 150	下向、 水平すみ肉

3) ステンレス溶材

鋼種	溶接法	溶接材料			
		銘柄	規格	シールドガス	溶接姿勢
ABREX 400 ABREX 400LT ABREX 450 ABREX 450LT ABREX 500	SMAW	309・R	JIS Z3211 ES309-16 AWS A5.4 E309-16該当	－	全姿勢
	GMAW	YM-309	JIS Z3321 YS309 AWS A5.9 ER309該当	Ar+CO ₂	下向、水平すみ肉、 横向
		SF-309LP	JIS Z3323 TS309L-FB1 AWS A5.22 E309L T1-1該当	CO ₂ 、 Ar+CO ₂	全姿勢

耐摩耗鋼は、非常に高強度であることから低温割れ感受性が比較的高いため、使用目的に合致した強度で、できる限り拡散性水素の発生量が少ない溶接材料を選定することが重要です。

一般溶接材料で、溶接部の耐摩耗性を考慮しない場合には、表1-1)の、低強度の溶接材料の方が高強度よりも低温割れが抑制されやすいです。

すみ肉溶接部など、溶接部の耐摩耗性をある程度考慮する場合には、表1-2)の、高強度溶接材料を推奨いたします。高強度溶材を使用される場合、小入熱で特に硬化しやすいルートパスでは、溶接部の目標特性を確保できる限り、低強度溶材を推奨します。

表1-2)に記載の予熱温度は、溶接材料として必要な最小予熱温度ですので、この温度と、使用する鋼板側に必要な予熱温度(表2)との高い方で施工してください。

予熱温度を低減したい場合には、表1-3)に示すように高価ですが、309などのオーステナイト系ステンレス鋼溶接材料を使用する方法もあります。

問い合わせ先：日鉄溶接工業株式会社
〒135-0016 東京都江東区東陽2丁目4番2号 新宮ビル
TEL：03-6388-9000
FAX：03-6388-9160
www.weld.nipponsteel.com

2. 予熱およびパス間温度

耐摩耗鋼の低温割れを回避するために、鋼種、板厚、溶接材料に応じた適切な予熱温度を選定することが必要です。

1) 鋼材の低温割れ感受性の指標

$$CEN = C + A(C) \left\{ \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cu+Ni)}{15} + \frac{(Cr+Mo+Nb+V)}{5} + 5B \right\} \dots (1)$$
$$A(C) = 0.75 + 0.25 \tanh\{20(C - 0.12)\}$$

必要予熱温度の推定は、百合岡らによって、鋼材の化学組成、板厚、溶接金属拡散性水素量、溶接入熱、残留応力、継手拘束などが考慮された方法が提案されています¹⁾。

この方法では、(1) 式で表される炭素等量CENが、低温割れ感受性への鋼材の合金量の影響を評価する指標として用いられています。溶接熱影響部 (HAZ: Heat Affected Zone) の硬さは焼入れ性とC量 (マルテンサイトの硬さを決定する) の両者の関係で決定され、CENはこの相互効果を考慮しており、広い範囲の鋼材の溶接性を評価できます。

1) N.Yurioka and T.Kasuya: 溶接学会論文集、13 (1995)、347

2) 必要予熱温度の目安

表2 一般溶接材料による予熱温度の目安

1) 溶接金属硬さ HBW180 クラスの予熱温度の目安

ABREX 400LT : t≦60mm

鋼 材	溶 材	溶接条件	板厚(mm)					
			～11	～20	～25	～36	～50	～100
ABREX 400	YM-26 YM-28S SF-1	通常溶接(拘束小)	RT	RT	50℃	50℃	75℃	125℃
		補修溶接(拘束中)	RT	RT	75℃	75℃	100℃	150℃
通常溶接(拘束小)		RT	RT	75℃	75℃	100℃	125℃	
補修溶接(拘束中)		RT	RT	100℃	125℃	125℃	150℃	
ABREX 450		通常溶接(拘束小)	RT	RT	50℃	75℃	75℃	－
		補修溶接(拘束中)	RT	50℃	75℃	100℃	100℃	－
ABREX 450LT		通常溶接(拘束小)	RT	RT	50℃	150℃	150℃	－
		補修溶接(拘束中)	RT	50℃	75℃	200℃	200℃	－
ABREX 500		通常溶接(拘束小)	RT	50℃	75℃	100℃	125℃	－
		補修溶接(拘束中)	RT	100℃	100℃	150℃	150℃	－

前提条件 : HI=1.7kJ/mm、拡散性水素量 <3ml /100g
RT : 室温 (気温が5℃以下の場合は20℃以上への予熱を推奨します。)

2) 溶接金属硬さ HBW240 クラスの予熱温度の目安 (高強度溶接材料)

ABREX 400LT : t≦60mm

鋼 材	溶 材	溶接条件	板厚(mm)					
			～11	～20	～25	～36	～50	～100
ABREX 400	YM-80C YM-80A	通常溶接(拘束小)	100℃	100℃	100℃	100℃	100℃	125℃
		補修溶接(拘束中)	100℃	100℃	100℃	100℃	100℃	150℃
ABREX 400LT		通常溶接(拘束小)	100℃	100℃	100℃	100℃	100℃	125℃
		補修溶接(拘束中)	100℃	100℃	100℃	125℃	125℃	150℃

前提条件 : HI=1.7kJ/mm、拡散性水素量 <3ml /100g

3) オーステナイト系ステンレス鋼溶接材料の予熱温度の目安

ABREX 400LT : t≦60mm

鋼 材	溶 材	溶接条件	板厚(mm)					
			～11	～20	～25	～36	～50	～100
ABREX 400	309・R YM-309 SF-309LP	通常溶接(拘束小)	RT	RT	RT	RT	RT	RT
		補修溶接(拘束中)	RT	RT	RT	RT	RT	RT
ABREX 400LT		通常溶接(拘束小)	RT	RT	RT	RT	RT	RT
		補修溶接(拘束中)	RT	RT	RT	RT	RT	RT
ABREX 450		通常溶接(拘束小)	RT	RT	RT	RT	RT	－
		補修溶接(拘束中)	RT	RT	RT	RT	RT	－
ABREX 450LT		通常溶接(拘束小)	RT	RT	RT	75℃	75℃	－
		補修溶接(拘束中)	RT	RT	RT	100℃	100℃	－
ABREX 500		通常溶接(拘束小)	RT	RT	RT	RT	RT	－
		補修溶接(拘束中)	RT	RT	RT	RT	RT	－

前提条件 : HI=1.7kJ/mm、拡散性水素量 <1ml /100g
RT : 室温 (気温が5℃以下の場合は20℃以上への予熱を推奨します。)

表2-1) は、一般的な軟鋼溶材を用いた (溶接部の耐摩耗性を考慮しない) 場合に、ガスシールドアーク溶接で入熱量を1.7kJ/mm、溶接金属拡散性水素量を3ml /100gと想定して、同様に求めた必要予熱温度の目安です。予熱温度は、溶接が完全に終わるまで保持してください。表2では、“通常溶接”の場合と、“補修溶接”の場合の予熱温度をそれぞれ示しています。通常溶接とは、すみ肉溶接や、あまり拘束の厳しくない突合せ溶接などを想定しています。補修溶接では、一般に冷却速度が速くなり、拘束応力も厳しくなるため、通常溶接よりも高い予熱温度が必要となります。栓溶接、仮付け溶接、ピース・ジグ等の小物類の溶接時も予熱温度は補修溶接と同様としてください。

表2-2) は、一般的な高強度溶材を用いた場合に、ガスシールドアーク溶接で入熱量を1.7kJ/mm、溶接金属拡散性水素量を3ml /100g以下と想定して、同様に求めた必要予熱温度の目安です。溶接材料も割れやすいので、母材と溶材それぞれに必要な予熱温度の高い方を記載しています。

表2-3) は表1-3) に示すオーステナイト系ステンレス鋼の溶材を用いた場合の、必要予熱温度の目安です。高価ですがオーステナイト系ステンレス鋼の溶接材料を使えば、予熱を低減できます。

必要予熱温度は、炭素当量、溶接金属水素量、溶接金属降伏強さ、入熱量、板厚ばかりでなく、外気温度、パス数、開先形状、予熱方法、直後熱の有無などにも支配されるため、表2の予熱温度はあくまで目安としてお考えください。

RT (予熱なし) の場合でも、外気温や鋼板表面温度が5℃以下である場合には、開先面に結露の恐れがあるので、20℃以上への予熱を推奨します。また、5℃以上でも開先面に結露が認められた場合は、加熱などにより必ず結露を除去してください。

3) パス間温度

予熱温度 ≤ パス間温度 ≤ 200℃

パス間温度の下限は、必要予熱温度以上とします。

また、パス間温度が高くなると、冷却速度が遅くなることから、溶接熱影響部の硬さ、靱性が低下する場合がありますため、パス間温度の上限を200℃とすることを推奨いたします。

4) 予熱方法

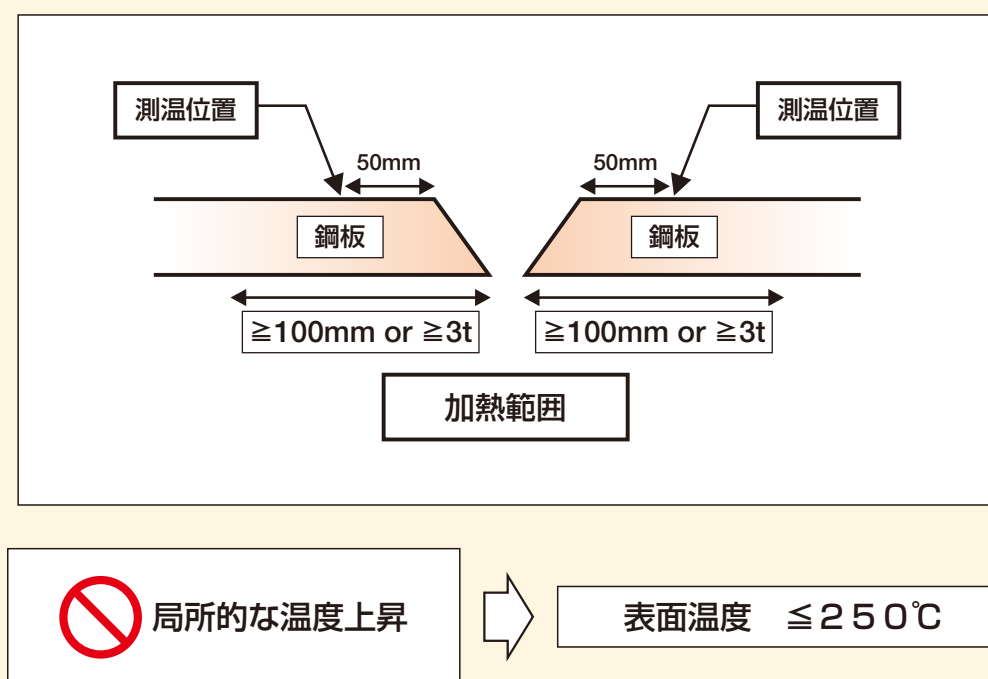


図1 予熱時の加熱範囲および測温位置

予熱は、開先内のみの極狭い範囲を加熱するのではなく、ある程度広い範囲にわたり、加熱面の反対側まで所定の温度になるように加熱する必要があります。その際、局所的に温度が上がりすぎないようにご注意ください(表面温度が250℃を超えないように制御ください)。具体的には、加熱範囲は、溶接線両側100mm(あるいは板厚の3倍)程度とし、温度測定は、溶接線両側から約50mm離れた位置で実施して下さい(図1)。

予熱方法としては、ガスバーナーが簡易的ですが、長時間均一に加熱を行う場合には、サーモスタット付の電気抵抗加熱器などを使用することをお奨めします。

また、溶接を中断した際には、溶接の再開時に、再度同様な予熱をすることが必要です。

3. 直後熱

必要な予熱・パス間温度が高く、施工が困難な場合、溶接直後熱処理を採用することにより、ある程度予熱・パス間温度を下げることができます。また、板厚が厚い場合や、拘束が非常に厳しい場合などに、予熱と併用することで、低温割れを抑制する効果が一層高まります。直後熱は、溶接終了後あるいは溶接中断後に、溶接物を室温に下げることなく直ちに実施しなければなりません。直後熱は、溶接部からの脱水素を目的とするもので、一応の目安として150℃から200℃で、板厚/25.4mm×hr以上が必要です。

4. 溶接施工にあたっての留意点

1) 溶接材料取り扱いの留意点

① SMAW用溶接材料

十分な乾燥、保管容器に保管

❌ 水分、錆、油汚れ、プライマー

SMAW用溶接材料は、使用前に溶材メーカーの指定条件(温度や時間)にて十分に乾燥する必要があります。この際、温度が高すぎるとフラックスが変質するので、注意してください。また、乾燥後も、大気中に放置したり、地面に置いたりすると再吸湿して拡散性水素量を増大させることになりますので、保管容器(温度等の保管条件は溶材メーカーの指定条件に準拠)に保管ください。また長時間放置後には乾燥を行ってください(乾燥後の許容放置時間も溶材メーカーの指定条件に準拠)。SMAWでは、溶接時の湿度の影響を受けやすいので、特に高温高湿条件下で溶接する際には、フラックスの吸湿や雰囲気の影響による拡散性水素量増加を避けるため、予熱温度を高め設定してください。溶接する箇所の水分、錆、油汚れ、プライマーなどは拡散性水素源となりますので、これらは必ず溶接前に除去する必要があります。また、アーク長が長くなると拡散性水素量が増大する傾向があるため、アーク長は短くして溶接を実施してください。

② GMAW用溶接材料

❌ 水分、錆、油汚れ、プライマー

❌ 風速 ≥ 0.5m/sec.

⇒ 風速 < 0.5m/sec. or 防風対策

GMAWでは、シールドガスを用いるので拡散性水素量は低いです。突出し長さを長くしたり、アーク電圧を高めたりすると拡散性水素が増加します。溶接する箇所の水分、錆、油汚れ、プライマーなどは拡散性水素源となりますので、これらは必ず溶接前に除去する必要があります。清掃すべき範囲は図1の開先から温度測定点辺りまでとして下さい。MAG(MIG)ワイヤについては、錆などの異常が見られた場合は使用をお控えください。

2) MAG(MIG)溶接での欠陥防止の注意点

① 溶接施工時の注意点

- ・溶接姿勢の制約条件、適正電流・電圧、溶接速度、極性(当該溶接法では通常ワイヤ+)、突き出し長さは、溶接材料メーカーの推奨条件に従ってください。
- ・シールドガスの適正流量は20～25ℓ／分です。流量は多過ぎても乱流となり、空気を巻き込みます。
- ・風速が0.5m/sec以上の時には、溶接を避けるか、衝立による防風対策を行ってください。
- ・溶接前には、溶接トーチのノズル内面に過度のスパッタ付着が無いこと、オリフィスに取り付けられていることを確認してください。
- ・スラグ巻込みを防止するため、溶接パスごとにビード表面に発生したスラグを除去してください。
- ・多層溶接での融合不良を防止するため、各ビード間及びビードと開先面の間が鋭い谷のような形状とならないよう、積層方法に注意してください。また、鋭い谷のような形状となった場合は、グラインダ等で滑らかな形状に研削してから、次のパスを溶接してください。
- ・開先内の溶接では、メタル先行(熔融金属が溶融池の前方に先行する現象)が発生し、溶込み不良やスラグ巻込みが発生しやすくなるため、溶接速度を速くしたり、後退角を採用するなど、メタル先行とならない溶接条件を選定してください。

② ワイヤ送給性の確保

- ・ワイヤ径に合った、適正なサイズの送給ローラ、コンジットライナー及びコンタクトチップを使用してください。
- ・コンタクトチップが損傷(摩耗, 融着)している場合は、新品に交換してください。
- ・コンジットケーブルの曲がりの許容範囲は、一般に直径500mmにつき1ターンのみとなります。
- ・長期間使用された送給ライナーは、内面の摩耗や、異物の付着(ワイヤの削れカスや潤滑剤等)によって劣化し、ワイヤの送給性が悪くなります。その場合は、メーカーが推奨する方法で清掃するか、新品に交換してください。

3) 母材特性の観点からの推奨最大入熱

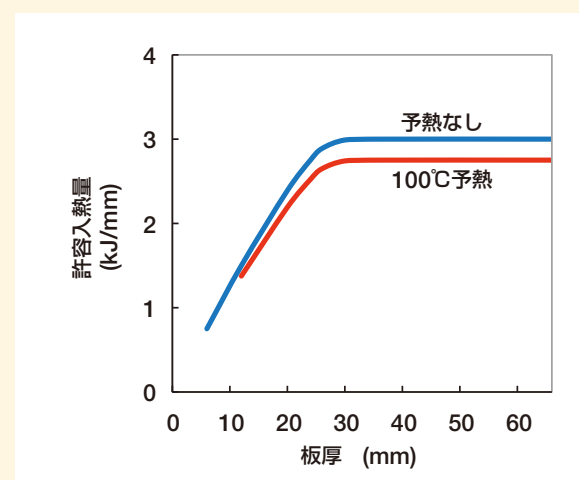


図2 許容入熱量の目安

低温割れ防止の観点からは、溶接入熱が高いほど望ましいのですが、入熱量が高くなると冷却速度が遅くなるため、HAZ軟化幅が大きくなるなどの影響があります。図2に、板厚に応じた最大の溶接入熱量の目安を示します。予熱が必要なケースでは、予熱なしに比べて入熱を落とす事が、HAZの軟化幅を抑える面で望ましいです。

$$\text{溶接入熱量 (J/mm)} = (60 \times \text{電流[A]} \times \text{電圧[V]}) / \text{溶接速度[mm/min]}$$

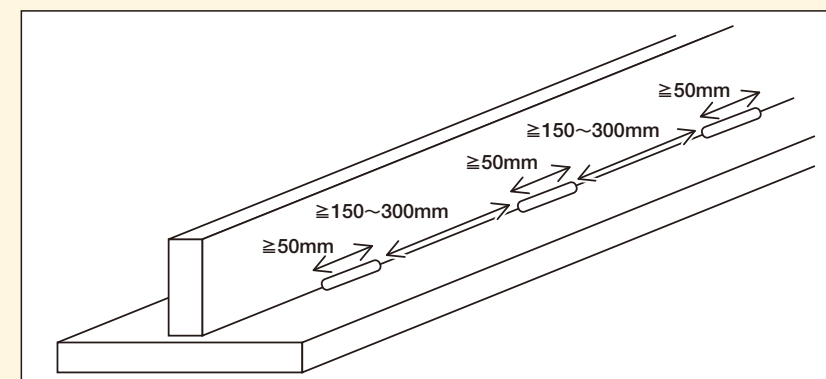
4) 補修溶接時の留意点

補修溶接ビード長 $\geq 80\text{mm}$

補修溶接では、一般に冷却速度が速くなり、拘束応力も厳しくなるため、表2に示すように、通常溶接よりも高い予熱温度が必要となります。補修溶接のビード長さは80mm以上とし、2パス以上重ねることを推奨いたします。補修溶接後はHAZで割れが発生しやすいため、構造物の重要度に応じ、NDTによる疵の検査を推奨します。たとえば、以下のような手順を推奨します。目視+NDTによる割れの範囲・位置を確認→(必要に応じ割れ等の進展を抑えるために事前にストップホール加工を行い)→欠陥除去作業→再NDTによる欠陥除去を確認→グループ加工→補修溶接→48時間後等、水素拡散のための時間をおいてから再NDTにて補修溶接による欠陥が発生していないか最終確認。

欠陥の除去のためにアークエアガウジングではつりを行った場合には、グラインダで仕上げを行ってください。

5) 仮付け溶接時の留意点



⊘ アークストライク

図3 仮付け溶接のビード長と間隔

仮付け溶接時には、補修溶接以上に低温割れに対する注意が必要になります。特に、仮付け溶接のビード長さが短いと冷却速度が非常に速くなるため、溶接金属および母材熱影響部が硬化して割れ感受性が高くなります。そのため、仮付け溶接時のビード長さは50mm以上としてください。また、仮付けのピッチは、150mm～300mm間隔としてください(図3)。

仮付け溶接時の予熱温度は、表2の補修溶接時の予熱温度と同じにすることをお奨めいたします。また、母材上へのアークストライクは避けてください。仮付溶接部は割れやすいため、本溶接前にスラグを除去し、溶接部に割れないことを確認することを推奨します。

6) 異なる鋼種、異なる板厚の溶接

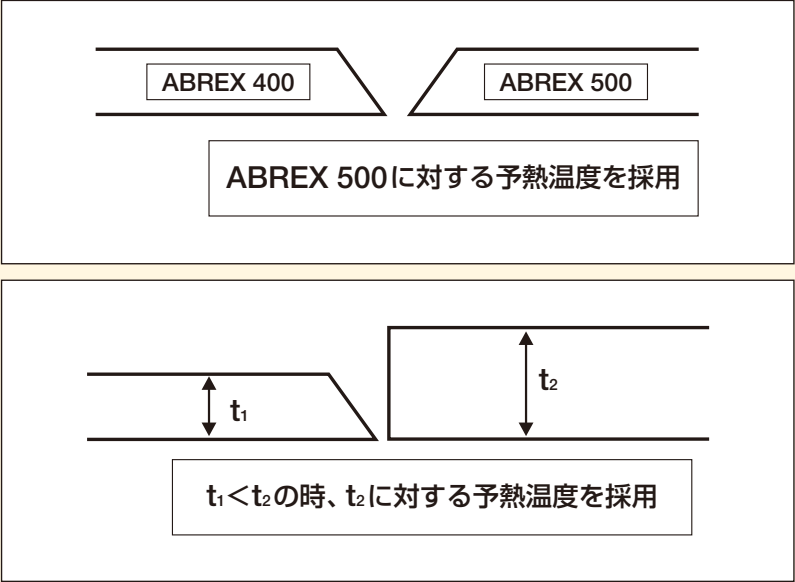


図4 予熱温度の採用方針

硬さの異なるABREX鋼材を溶接する場合には、表2の必要予熱温度の高い側の予熱温度を採用してください。

ABREX鋼材と異鋼種の鋼材を溶接する場合には、ABREXの相手材が普通鋼および590N/mm²級以下の高張力鋼である場合には、表2のABREXの予熱温度を採用してください。

また、厚さの異なるABREX鋼材を溶接する場合には、厚さの厚い側（必要予熱温度の高い側）にあわせてください。

7) その他

- ・溶接交差点（3線交差点等）は、溶接欠陥が生じやすいので可能な範囲で減らす設計が望ましいです。また、施工においては、ビードの終始端部が複数点重ならないようにご注意ください。
- ・クレーターなどで、溶接欠陥が発生する場合は、対策としてエンドタブを使用することを推奨いたします。エンドタブを使用する際は、切断除去時にノッチが生じないようにご注意ください。
- ・すみ肉溶接で、回し溶接の場合はコーナーからの溶接開始は回避することを推奨いたします。
- ・雨、雪等により鋼板や溶接材料が濡れる場所での溶接は厳禁です。5℃以下の場合は、（予熱が不要なケースでも）20℃以上への加熱を実施ください。
- ・SMAW用の溶材は、一般にフラックスが吸湿し易いため、使用前の乾燥、保管容器への保管、長時間放置後の再乾燥など、溶材メーカーの取り扱い要領にしたがってください。
- ・運搬用の吊り具用のピースやジグ等の小物類の溶接時は、“補修溶接”の予熱温度を採用ください。またこれらの切断除去は、例えば、母材表面から3mm以上オフセットして切断し、その後はグラインダで研削仕上げをする等、母材に有害な影響を与えないように配慮ください。
- ・脆化や止端部の再熱割れ、硬さ低下が起こるため溶接後熱処理（PWHT）は厳禁です。
- ・硬化肉盛りを溶接部や母材の上に肉盛りする際には、炭素当量の最も高い硬化肉盛り用の溶接材料の予熱温度に合わせてください。緩衝用の溶材を溶接する場合、硬化肉盛溶材の硬さレベルに応じて、表1-2)で推奨している通常の低水素系低強度の一般溶材をご使用ください。一般溶材で割れる場合は、表1-3)のステンレス溶材の採用をご検討ください。
- ・裏当溶接を行う場合は、裏当て材と母材間の距離は0.5mm以内を目安に密着させてください。また、母材同様、裏当材そのもののクリーニング（母材クリーニング要領に準じてください）及び、裏当材と母材の隙間の水分にご注意ください。
- ・磁気吹き対策については、当社厚板総合カタログの該当ページをご参照ください。

5. 低温割れについて

低温割れは、水素に起因する割れであり、溶接終了後、しばらく経過した後に発生します（一般に300℃以下で発生）。耐摩耗鋼の溶接では最も発生防止に気をつけるべき溶接欠陥であり、溶接施工条件の遵守が必要です。その支配因子は、①硬化組織、②応力、③拡散性水素となります。



図5 低温割れの支配因子

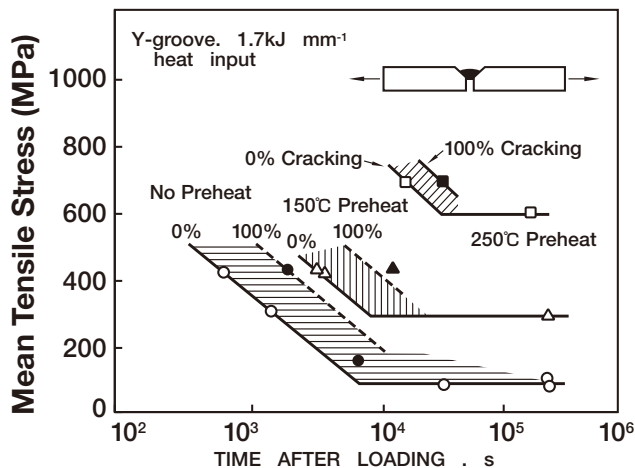


図6 TRC試験結果例²⁾

2) 鈴木ほか：溶接学会誌、32(1963)、p.44

図6は、TRC試験の例であり、低温割れが縦軸の応力の大きさに応じて割れまでの潜伏期間が異なること、予熱温度が高くなるほど割れ発生の限界応力が高くなる概念を理解いただくために掲載したものであり、耐摩耗鋼のデータではありません。硬さを損なわないために200℃以下の予熱を推奨いたします。

① 硬化組織：

鋼板の炭素量(Pcm、CEN、CEV、CET等)が高いほどHAZに硬化組織を生じやすくHAZでの低温割れが起こりやすくなります。硬さを得る目的で高炭素当量の耐摩耗鋼は低温割れの感受性が高い材料と認識しなければなりません。特に高硬度、厚手になるほど、炭素当量は高くなる傾向があります。一方、溶接材料の炭素当量は、溶接金属での低温割れの感受性に関与します。溶接材料と母材のうち、高い方の炭素当量を前提に予熱条件を決める必要があります。仮付け溶接やジグやピース等の小物類の溶接、栓溶接、厚手の溶接は、抜熱が大きく冷却速度が速くなりHAZ硬さを高めるため通常の溶接や薄手の溶接に比べ高い予熱温度が必要となります。予熱には、板からの水素拡散・放出効果と冷却速度を遅くしHAZ硬さを抑える2つの効果があります。また、入熱を大きくすると、冷却速度が遅くなり、同じように硬化組織の抑制と水素拡散効果がありますが、溶接部の靱性低下、HAZ軟化域の拡大等の影響から制約があります。

② 応力：

溶接後の残留応力は、溶接金属の強度が高いほど大きくなります。そのため耐摩耗鋼には低強度の溶接材料を推奨しますので、溶接部はアンダーマッチである事をご認識ください。強度が高めの溶材を使用すると表2-2)の例のように、予熱温度を高める必要があります。拘束応力は、補修溶接や栓溶接、厚手の溶接で高く（簡易的には拘束度は板厚に比例）、通常の溶接や薄手の溶接に比べ高い予熱温度が必要となります。薄手材でも溶接個所が多いなどで、拘束力が大きいと、応力が高くなる部分がありうるので注意が必要です。応力集中を避けるため、溶接時の融合不良や溶込み不良は回避ください。

③ 拡散性水素：

溶接材料含有の拡散性水素量のレベル（メーカーの製造に由来）、製造後の吸湿による溶材への水素のピックアップ、鋼板側に付着した水分、錆、油汚れ、プライマーや大気からの溶接中の侵入水素等が、溶接による熱履歴によって生成した硬化部（HAZや溶接金属）に拡散し、分子化することで低温割れが発生します。低水素の溶接材料を使用するとともに、溶接材料の保管・管理上の注意事項を遵守し、吸湿した溶材を使用しないことが必要です。推奨する日鉄溶接工業のソリッドワイヤやフラックスコアードワイヤは、拡散性水素を抑制しております。拡散性水素は、溶接時以外に、使用中の鋼材腐食等によっても侵入することがありますので、注意が必要です。